ถังกรองทรายแบบใช้ความดัน (Pressure Sand Filter)

โดย นายพรศักดิ์ สมรไกรสรกิจ
ส่วนแผนและประเมินผล
กองแผนคุณภาพน้ำ
ฝ่ายคุณภาพน้ำ การประปานครหลวง

1. วัตถุประสงค์

ถังกรองแบบใช้ความดันจากปั๊มสูบน้ำ(Pressure Filtration) คือการกรองน้ำที่ใช้ปั๊มสูบน้ำอัดน้ำผ่านสารกรองน้ำ ลักษณะของถังกรองแบบนี้จะปิดมิดชิด ข้อดีของการกรองแบบนี้คือ สามารถควบคุมความดันภายในถังได้ตามที่ต้องการเพื่อที่จะส่งน้ำไปตามจุดต่างๆที่ห่างไกลออกไปได้โดยไม่ต้องใช้ปั๊มสูบน้ำเพิ่มเติม แบบถังกรองทรายที่ใช้แรงดันจากธรรมชาติ(Gravity Filtration) ถังกรองทรายหรือแอนทราไซต์ทำหน้าที่กรองดักอนุภาคสารแขวนลอยหลงเหลือมากับน้ำที่ออกมาจากถังตกตะกอน โดยการผ่านน้ำเข้าไปยังชั้นกรองซึ่งมีรูพรุน วัสดุกรองที่ใช้โดยทั่วไปได้แก่ ทรายหรือแอนทราไซต์ ทั้งนี้อนุภาคสารแขวนลอยดังกล่าวอาจเป็นอนุภาคของแข็งที่แขวนลอยหรือจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำดิบ การประยุกต์ใช้ระบบกรองน้ำในกระบวนการผลิตน้ำสามารถทำได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำดิบและสิ่งเจือปนที่ต้องการกำจัดออกจากน้ำ

2. ส่วนประกอบของถังกรองแบบใช้ความดัน

ถังกรองแบบใช้ความดันทำจากถังเหล็กเป็นรูปทรงกระบอกแนวตั้งหรือแนวนอน ภายในจะมีพื้นที่แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หนึ่งส่วนบนเป็นส่วนที่รับน้ำเข้ากรองและส่วนล่างซึ่งแยกออกจากกันโดยมีแผ่นเหล็ก (Perforated Plate) โดยติดตั้งหัวกรองน้ำ (Nozzles) ไว้ที่พื้นดังกล่าว บริเวณด้านบนเป็นชั้นกรองทรายหรือแอนทราไซต์และส่วนที่สองคือส่วนด้านล่างเป็นชั้นรองรับน้ำที่ออกจากชั้นทรายหรือแอนทราไซต์ซึ่งเป็นน้ำที่ต้องผ่านไปยังกระบวนการฆ่าเชื้อตอนสุดท้าย (Post Disinfection) เพื่อทำให้น้ำสะอาดปราศจากเชื้อโรคต่อไป

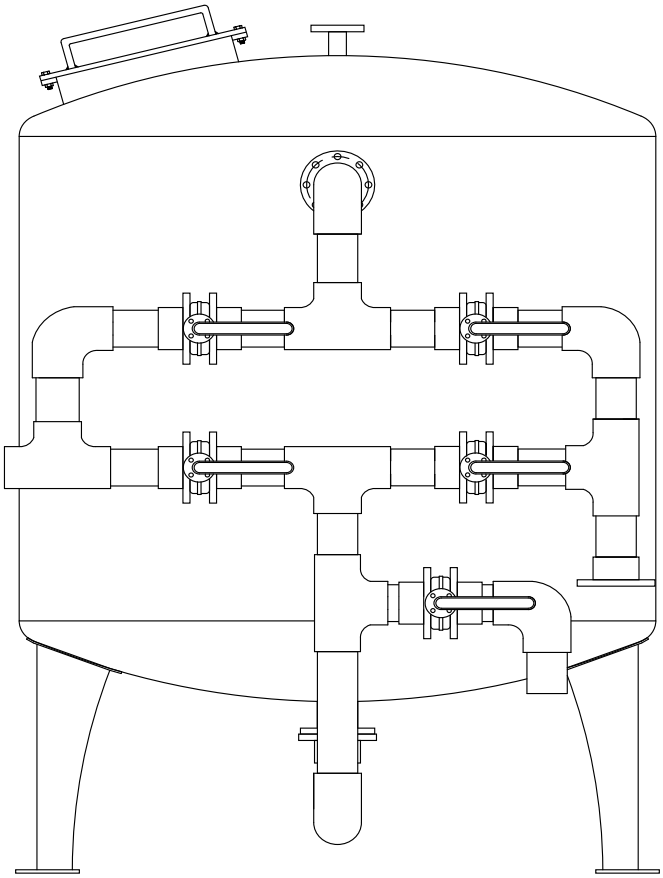
บริเวณด้านหน้าถังประกอบด้วยวาล์วปรับทิศทางน้ำจำนวน 5 ตัว แมนโฮล์(Manhole) สำหรับการทำความสะอาดและเปลี่ยนสารกรองน้ำรวมทั้งซ่อมบำรุงถังกรองความดันจำนวน 3 ตำแหน่ง รวมทั้งติดตั้งวาล์วระบายลม (Air Valve) สำหรับระบายอากาศออกจากถังกรองแบบใช้ความดันจากปั๊มสูบน้ำ เป็นสิ่งจำเป็นเนื่องจากอากาศที่ละลายในน้ำจะแยกตัวออกจากน้ำและถูกเก็บขังไว้ในถังกรองเมื่อมีปริมาณมากพอสมควรก็

จะทำให้เกิดเป็นช่องว่างภายในถังกรอง ทำให้การควบคุมอัตราการไหลลำบากและอากาศอาจจะแทรกตัวอยู่ในชั้นตัวกรองทำให้เกิดการกรองที่ไม่ทั่วถึง (Short Circuit) และคุณภาพน้ำที่ออกมาไม่ใสสะอาด

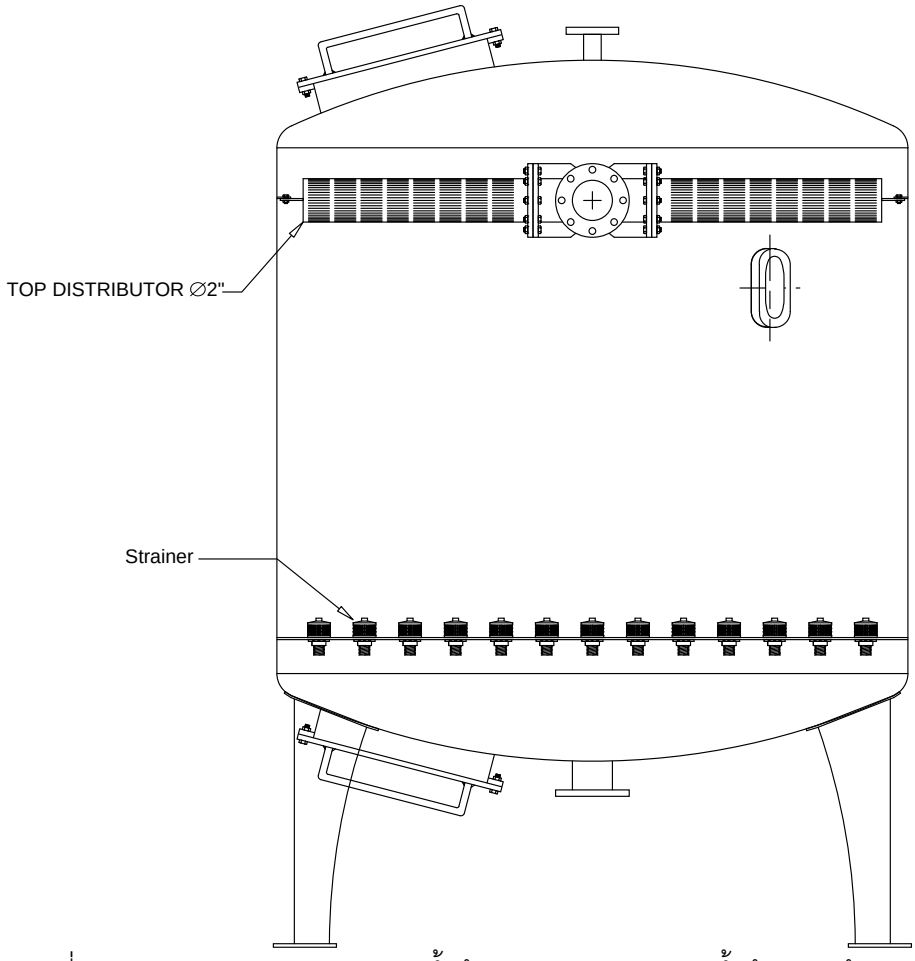
ชั้นสารกรองทรายมีขนาด Effective size : 0.8 – 2.0 มิลลิเมตร ค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (Uniformity coefficient) ระหว่าง 1.4 – 2.0 ความสูง(Depth) ระหว่าง 0.8 – 2.0 เมตร ค่าความถ่วงจำเพาะ (S.G.) $\geq$ 2.63

หรือแอนทราไซต์มีขนาด Effective size : 0.9 – 1.4 มิลลิเมตร ค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ(Uniformity coefficient) ระหว่าง 1.4 – 1.7 ความสูง(Depth) 0.45 เมตร ค่าความถ่วงจำเพาะ(S.G.) $\geq$ 1.5 to 1.6 สารกรองดังกล่าวทำหน้าที่กรองดักอนุภาคสารแขวนลอยซึ่งโดยปกติจะต้องมีขนาดมากกว่า 1 ไมครอน ขนาดรูพรุนทรายกรองหรือแอนทราไซต์จะสามารถดักไว้ได้ เมื่ออนุภาคที่ดักไว้มีปริมาณมากขึ้นเรื่อยๆ จะทำให้เกิดการอุดตันของชั้นสารกรองหรือเรียกว่า Filter clogging อัตราเร็วในการอุดตันขึ้นอยู่กับ

1. คุณสมบัติของน้ำที่เข้าถังกรองซึ่งขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบ ทั้งระบบการสร้างตะกอน(Coagulation) การสมานตะกอนหรือการรวมตะกอน(Flocculation) และการตกตะกอน (Sedimentation) เช่น ถ้าน้ำมีความขุ่นสูงเมื่อหลุดออกมาจากถังตกตะกอนเข้าสู่ถังกรองการอุดตันก็จะเกิดขึ้นได้เร็ว
2. อัตราการไหลของน้ำ ถ้าอัตราการไหลของน้ำเข้าถังกรองสูง การอุดตันจะเกิดขึ้นเร็ว
3. ขนาดของเม็ดทรายหรือแอนทราไซต์ที่มีขนาดเล็กกว่าจะทำให้เกิดการอุดตันได้เร็วกว่า



ภาพที่ 1 แสดงส่วนประกอบถังกรองแบบใช้ความดัน



ภาพที่ 2 แสดงส่วนประกอบระบบจ่ายน้ำด้านบนและระบบกรองน้ำด้านล่างด้วยหัว Nozzle

ภาพที่ 3 แสดงการวางหัวกรองน้ำประเภท Nozzles บนแผ่น Plate

3. การควบคุมระบบกรองน้ำแบบใช้ความดัน

3.1 การเดินระบบกรองน้ำ

ระหว่างการผลิตน้ำให้ทำการตรวจการทำงานของระบบกรองน้ำโดยการตรวจวัดค่า Head Loss ซึ่งเป็นค่าที่แสดงการอุดตันของระบบกรองน้ำซึ่งแตกต่างกันออกไปตามรูปแบบของถังกรองน้ำ ถังกรองน้ำประเภท Pressure Sand Filter จะกำหนดค่า head loss ไว้ที่ประมาณ 2.1 ถึง 3.5 เมตรน้ำ แล้วให้ทำการ backwash เพื่อล้างถังกรองน้ำ ควบคุมอัตราการไหลให้อยู่ระหว่าง 10 – 30 เมตร/ชั่วโมงคุณภาพของน้ำที่ออกจากถังกรองนอกจากขึ้นกับคุณภาพของน้ำที่เข้าสู่ถังกรองแล้ว ยังขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของถังกรองด้วย ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของถังกรอง ได้แก่

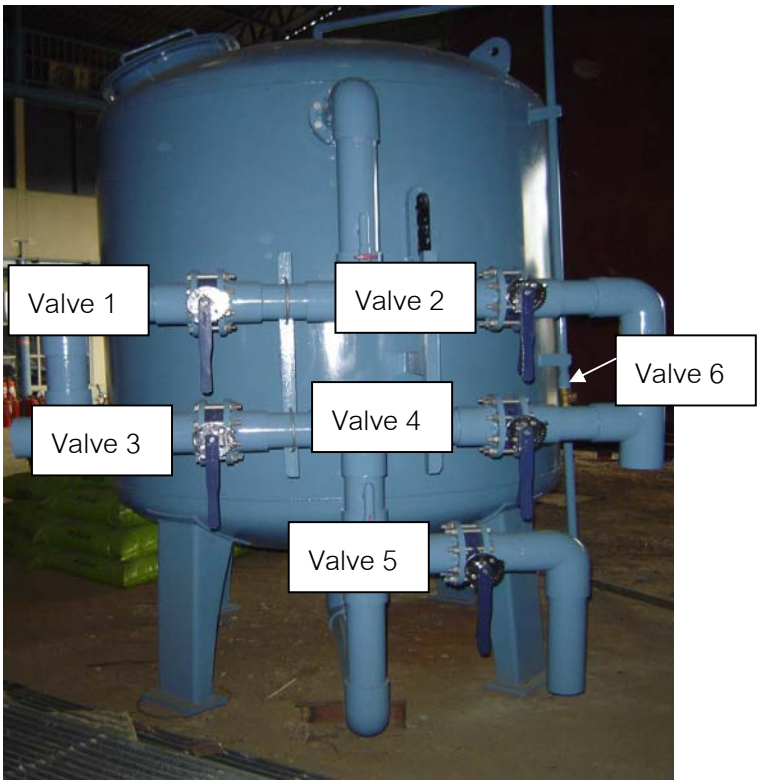
- ขนาดของเม็ดทรายหรือแอนทราไซต์
- ความสูงของชั้นทรายหรือแอนทราไซต์
- อัตราเร็วในการกรอง

- น้ำออกจากถังกรอง (Filter Tank)

Turbidity	$\leq$ 5 NTU
pH	7.5 $\pm$ 1
สีไม่เกิน	15 TCU

- ระยะเวลาการเดินระบบถังกรองน้ำโดยปกติจะมีระยะเวลาการเดินระบบประมาณ 24 – 48 ชั่วโมงแล้วจึงหยุดเดินระบบเพื่อทำการล้างทำความสะอาด

3.1.1 การเดินระบบปกติ



Butterfly Valve	ตำแหน่ง	เวลา
1. Butterfly Valve 1	เปิด	เดินระบบ 24 - 48 ชั่วโมง
2. Butterfly Valve 2	ปิด	เดินระบบ 24 - 48 ชั่วโมง
3. Butterfly Valve 3	ปิด	เดินระบบ 24 - 48 ชั่วโมง
4. Butterfly Valve 4	ปิด	เดินระบบ 24 - 48 ชั่วโมง
5. Butterfly Valve 5	เปิด	เดินระบบ 24 - 48 ชั่วโมง
6. Air Release Valve	ปิด	เดินระบบ 24 - 48 ชั่วโมง

3.2 การทำความสะอาดถังกรองน้ำ

การล้างทำความสะอาดถังกรองน้ำทำได้โดยการล้างย้อนกลับโดยใช้น้ำและอากาศเข้าไปภายใต้ความดันที่พอเพียงที่จะสามารถชั้นกรองได้แล้วสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ในชั้นกรองก็จะหลุดออกมา

ขั้นตอนการล้างย้อน

1. หยุดเดินระบบ ให้หยุดถังกรองน้ำโดยปิด inlet valve และ outlet valve

2. ระบายน้ำบางส่วนออกประมาณ 2 นาที โดยปกติจะระบายน้ำออกจนถึงระดับที่ต้องการเหนือผิวทรายประมาณ 10 เซ็นติเมตร

3. ปล่อยลม(Air scour) เข้าถังกรองบริเวณด้านล่างชั้นกรองทรายหรือแอนทราไซต์เป็นเวลา 30 วินาที ถึง 1 นาที เพื่อทำการล้างย้อนโดยใช้ลมทำความสะอาดชั้นกรองโดยทำให้ความสกปรกที่ติดค้างบนชั้นกรองเกิดการยกตัวและเม็ดทรายหรือแอนทราไซต์เกิดการขัดสีกัน อัตราการไหลของลมระหว่าง 46 – 55 เมตร/ชั่วโมง Kawamura (2000) ลมถูกนำเข้าไปในถังกรองโดยผ่านระบบอากาศ ขั้นตอนนี้ทำเพื่อให้เกิดหมอนรองอากาศใต้ (Air cushion) ใต้พื้นกรอง

4. ปล่อยลม (Air scour) พร้อมน้ำ พร้อมการกวาดผิวหน้าทราย (surface sweep) ทำการล้างด้วยลมพร้อมน้ำเป็นเวลา 10 นาที หรือมากกว่า

- อัตราการไหลของน้ำประมาณ 7.5 ถึง 10 เมตร/ชั่วโมง (surface wash rate) Kawamura (2000)
- อัตราการไหลของลม ประมาณ 46 – 55 เมตร/ชั่วโมง Kawamura (2000)

ให้แน่ใจว่าไม่มีทรายถูกพัดไปทิ้งตามรางระบายน้ำทิ้ง ถ้าเกิดการพัดพาทรายออกไปให้ลดอัตราการไหลของน้ำลง จนกระทั้งไม่มีทรายถูกพัดพาออกไปทิ้งในรางระบายอีก อัตราการพัด(กวาด)ของน้ำบริเวณผิวหน้าทราย (sweep water flow rate for dual arms 3.25 to 3.75 m/hr. Kawamura (2000))

5. การล้างย้อนกลับ (back wash) ด้วยน้ำอย่างเดียวควบคู่ไปกับการกวาดพื้นผิว

ให้หยุดลมที่จะเข้าโดยให้ใช้น้ำในการล้างย้อนอย่างเดียว ขั้นตอนนี้ใช้เวลา 10 ถึง 15 นาทีและต้องล้างจนกว่าน้ำที่ไหลเข้าสู่รางน้ำทิ้งเริ่มใส จึงสิ้นสุดกระบวนการล้างย้อนถังกรองทราย

- อัตรากการล้างย้อนกลับประมาณ 15 เมตร/ชั่วโมง
- อัตราการพัด(กวาด)ของน้ำบริเวณผิวหน้าทราย ประมาณ 3.25 ถึง 3.75 เมตร/ชั่วโมง

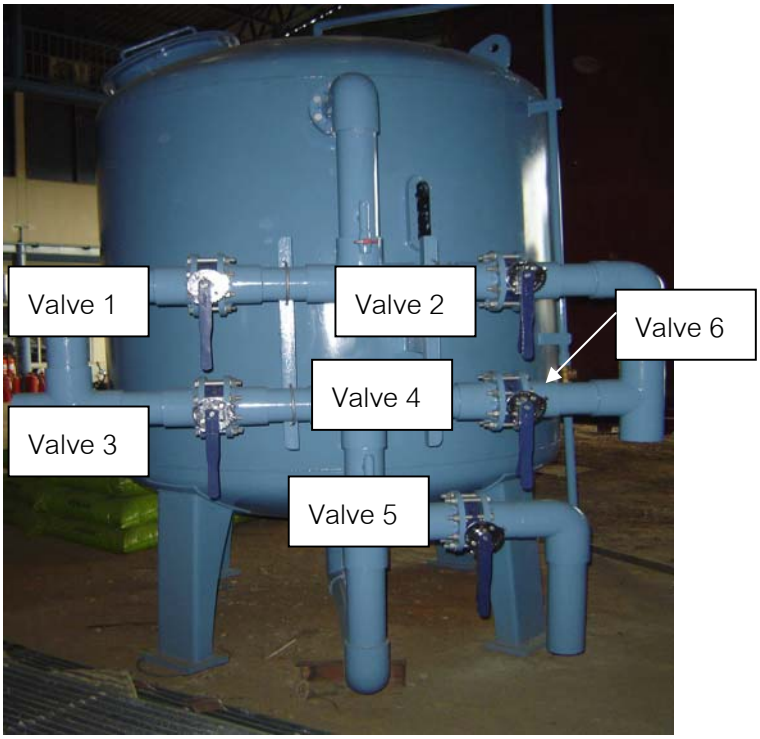
หมายเหตุ

- การหยุดการใช้งาน

สำหรับการหยุดใช้งานถังกรองในระยะเวลาสั้นๆ ไม่จำเป็นต้องทำอะไรเป็นพิเศษ เพียงแต่ปิด Butterfly Valve ทางเข้าและทางออกหน้าถังกรอง แต่ถ้าต้องหยุดใช้งานถังกรองในระยะเวลานานๆ ต้องทำการ ล้างถังกรองให้สะอาด แล้วทำการระบายน้ำออกจากถังกรองให้หมดเมื่อจะเริ่มใช้งานใหม่

3.2.1 **การล้างถังกรอง** (Backwash)

ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือการล้างย้อนด้วยน้ำ (Water washing) และการชะล้างน้ำออก (Rinsing) รายละเอียดการทำงานแต่ละขั้นตอนมีดังนี้



3.2.1.1 **การล้างย้อนด้วยน้ำ** (Water Washing) **อย่างเดียว**

Butterfly Valve	**ตำแหน่ง**	**เวลา**
1. Butterfly Valve 1	**ปิด**	5 - 10 **นาที**
2. Butterfly Valve 2	**เปิด**	5 – 10 **นาที**
3. Butterfly Valve 3	**เปิด**	5 – 10 **นาที**
4. Butterfly Valve 4	**ปิด**	5 – 10 **นาที**

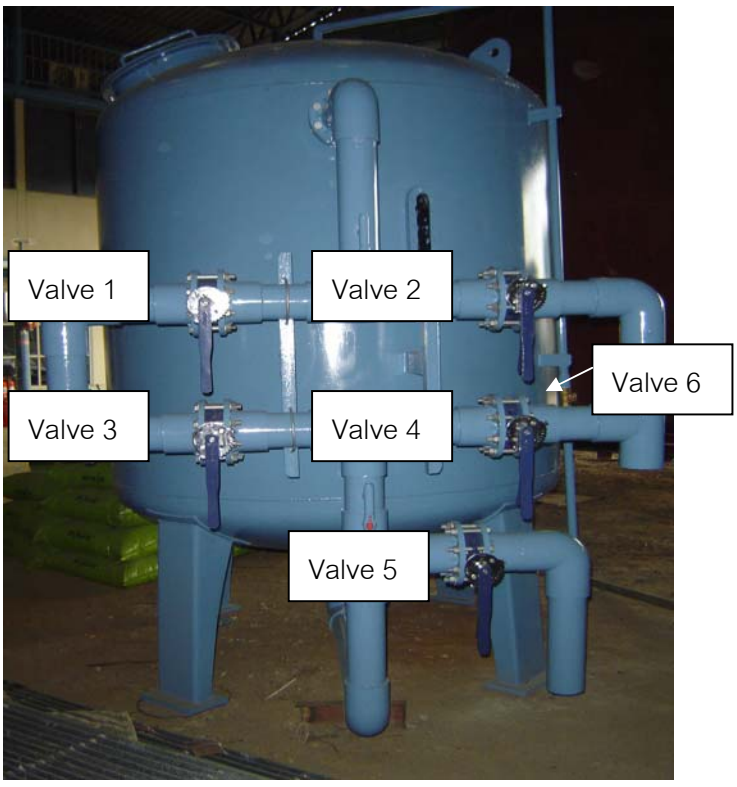
5. Butterfly Valve 5	ปิด	5 – 10 นาที
6. Air Release Valve	ปิด	5 - 10 นาที

หมายเหตุ

- เวลาที่กำหนดไว้ในตาราง เจ้าหน้าที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม

-การล้างย้อนในช่วงแรกให้นับ 1 ถึง 10 ในใจแล้วเปิดวาล์วตัวที่ 3 ให้น้ำเกิดการกระแทกชั้นกรองให้ยกตัวขึ้นทำประมาณ 10 ครั้ง จะทำให้สิ่งสกปรกหลุดออกไปจากผิวหน้าชั้นกรองได้ดียิ่งขึ้น ชั้นกรองจะสะอาด

2.2 การชะล้างน้ำออก (Rinsing)



Butterfly Valve	ตำแหน่ง	เวลา
1. Butterfly Valve 1	เปิด	5 นาที
2. Butterfly Valve 2	ปิด	5 นาที
3. Butterfly Valve 3	ปิด	5 นาที
4. Butterfly Valve 4	เปิด	5 นาที
5. Butterfly Valve 5	ปิด	5 นาที

6. Air Release Valve	**เปิด**	**5 นาที**

หมายเหตุ

- ***เพื่อชะล้างสิ่งสกปรกที่ค้างอยู่บนชั้นกรองให้ออกไปให้หมด จึงเริ่มเดินระบบตามปกติ***
- ***เวลาที่กำหนดไว้ในตาราง เจ้าหน้าที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม***
- ***วาล์วตัวที่ 6 จะเปิดเพื่อไล่ลมออกจากถังกรองกันการเกิดสูญญากาศ***

4. ปัญหาและการแก้ไขปัญหาในการเดินระบบถังกรองน้ำแบบใช้ความดัน

4.1 เมื่อเดินระบบครั้งแรก ควรเดินระบบให้มีการล้างย้อนด้วยมือเสียก่อนเดินระบบใช้งานจริง จนกว่าน้ำที่ล้างย้อนจะสีใส เพื่อเป็นการล้างทำความสะอาดสารกรอง

4.2 น้ำผ่านถังกรองมีความขุ่นมากกว่าน้ำผ่านถังตกตะกอน

สาเหตุเกิดจากถังกรองเริ่มอุดตัน การแก้ไขปัญหา ล้างถังกรองแบบ manual และให้ตรวจสอบคุณภาพน้ำก่อนเข้าถังกรองและปรับสารเคมีให้เหมาะสม

4.3 ถังกรองไม่สามารถกรองน้ำได้มีน้ำไหลออกทาง over flow ของถังตกตะกอน

สาเหตุเกิดจาก ชั้นกรองตันน้ำเนื่องจากมีสิ่งสกปรกไปอุดตันหน้าผิวสารกรองมากเกินไป การแก้ไขปัญหา ล้างถังกรองแบบ manual

4.4 ขั้นตอนการล้างทำความสะอาดถังกรองด้วยน้ำล้างไม่ขึ้นและมีน้ำไหลออกจากถังตกตะกอนทาง over flow

สาเหตุเกิดจาก ชั้นกรองตันเนื่องจากมีสิ่งสกปรกไปอุดตันหน้าผิวสารกรองมากเกินไป การแก้ไขปัญหา ล้างทำความสะอาดแบบ manual ให้ถี่ขึ้น เปิด manhole แล้วใช้คราดทำความสะอาดพร้อมกับเปิดน้ำล้าง (กรณีที่วิกฤติจริงๆ)

4.5 การกรองระยะสั้นๆ (short filtration cycle)

สาเหตุเกิดจาก มีปริมาณสารแขวนลอยในน้ำที่กรองแล้วมากเกินไป การเกิดสาหร่าย การล้าง (washing) ไม่เพียงพอ การแก้ไขปัญหา ให้ตรวจดูคุณภาพน้ำที่จะกรองและปรับให้เหมะสม ให้ดู Prechlorination และตั้งอัตราการจ่ายคลอรีนใหม่ ให้ทำการล้างถังกรองแบบ manual หลายๆครั้งจนสะอาด

4.6 การสูญเสียทรายระหว่างการล้าง

สาเหตุเกิดจาก อัตราการไหลของน้ำล้างมากเกินไป การมีพื้นผิวของการไหลมากเกินไป (surface sweep flow) การแก้ไขปัญหา ให้ลดอัตราการไหลของน้ำล้าง ให้ตรวจดูว่ามีการยุบตัวของพื้นดินหรือไม่ ถ้ามีให้ปรับระดับพื้นให้มีระดับที่เท่ากันเพื่อไม่ให้ถังกรองเอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง ให้ตรวจดูและลดพื้นที่ผิวลงถ้าจำเป็น

4.7 การสูญเสียทรายระหว่างการกรอง

สาเหตุเกิดจาก หัว Nozzle เสียหาย (เกิดโพรงระหว่างการล้างหรือเกิดฟองอากาศมากกว่าปกติระหว่างการล้าง) การแก้ไขปัญหา ให้ตรวจดูพื้นของชั้นกรองและเปลี่ยนหัว nozzle ที่เสียหาย การเปลี่ยนหัว nozzle เป็นบางจุดต้องทำกรอบกั้นทรายไว้เพื่อป้องกันทรายหลุดลงไปด้านล่าง ก่อนใส่หัว nozzle ลงไปให้ตรวจดูว่าปากรูนั้นสะอาดและเปลี่ยนseal แล้วจึงขันหัว nozzle ด้วยมือเท่านั้น

4.8 การเปลี่ยนแปลง head loss เมื่อเริ่มเดินระบบ

สาเหตุเกิดจาก ความเร็วของการกรองเปลี่ยนแปลง ทรายสกปรก โดยเกิดจากสาหร่ายหรือสารอินทรีย์ การแก้ไขปัญหา ให้ตรวจดูการจ่ายน้ำดิบหรือน้ำหลังการตกตะกอนบนถังกรอง ให้ทำการล้างอย่างแรงและเติมคลอรีน ถ้าสาหร่ายยังคงปรากฏอยู่

4.9 เกิดสาหร่ายอุดตันในถังกรอง

สาเหตุเกิดจาก ปริมาณสาหร่ายหลุดออกมาจากถังตกตะกอน ให้ตรวจสอบระบบ Pre-Chlorination และตั้งอัตราการจ่ายสารเคมีใหม่

5. รายละเอียดถังกรองทราย (Pressure Sand Filter Tank)

1. จำนวน	:	1 ถัง
2. ชนิด	:	ทรงกระบอกแนวตั้งหรือแนวนอนหรือถังคอนกรีตเสริมเหล็ก
3. อัตราการไหล	:	ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
4. อัตราการกรองน้ำ	:	เมตร/ชั่วโมง
5. พื้นที่ผิวชั้นกรองต่อถัง	:	ตารางเมตร
6. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง	:	มิลลิเมตร
ความสูง	:	มิลลิเมตร(ไม่รวมด้านหัว-ท้าย)
7. วัสดุ	:	เหล็กเหนียว หรือ คอนกรีตเสริมเหล็ก
8. การเตรียมผิว	:	sand blast SA 2.5 กรณีถังเหล็ก
9. ชนิดของการเคลือบผิวภายใน	:	สีกันสนิมและสีอีพ็อกซี่
10. ชนิดของการเคลือบผิวภายนอก	:	สีกันสนิมและสีเคลือบ
11. ชนิดของสารกรอง	:	ทรายหรือแอนทราไซต์ ขนาด 0.8 – 2.0 มิลลิเมตร
12. ปริมาตรสารกรอง	:	ลิตร
13. ระบบท่อ	:	PVC ϕ นิ้ว
14. ท่อและวาล์วใช้งาน	:	PVC ϕ นิ้ว และ2 - Ball Valve ϕ นิ้ว
15. ท่อและวาล์วล้างกลับ	:	PVC ϕ นิ้ว และ3 - Ball Valve ϕ นิ้ว
16. ระบบจ่ายน้ำด้านบน	:	ท่อ PVC เซาะร่อง
17. ระบบการกรองน้ำด้านล่าง	:	หัว Nozzle
18. การควบคุมการทำงาน	:	ควบคุมด้วยคน
19. อุปกรณ์ประกอบ	:	ช่องกระจก 1 ชุด
	:	Ball valve ระบายอากาศ ขนาด ϕ นิ้ว 1 ชุด
	:	Man Hole สำหรับใส่ทรายหรือแอนทราไซต์และทำความสะอาดถัง

ตารางที่ 1 แสดงการแบ่งแยกประเภทของถังกรองตามอัตราการกรองและขนาดของทรายกรองน้ำ

Filter Medium	Type of Filter	Medium Design Criteria
Fine sand	Slow sand filter 0.13 – 0.42 m/h (filtration rate)	Effective size : 0.25 – 0.35 mm. Uniformity coefficient : 2 – 3 Depth : 1.0 – 1.2 m S.G. $\geq$ 2.63
Medium sand	Rapid sand filters 5 – 10 m/h (filtration rate)	Effective size : 0.45 – 0.65 mm. Uniformity coefficient : 1.4 – 1.7 Depth : 0.6 – 0.75 m S.G. $\geq$ 2.63
Coarse sand	High – rate filters 10 – 30 m/hr (filtration rate)	Effective size : 0.8 – 2.0 mm. Uniformity coefficient : 1.4 – 2.0 Depth : 0.8 – 2.0 m S.G. $\geq$ 2.63
Multimedia coal sand dual or coal-sand-garnet trimedia	High rate filters 10 – 25 m/h (filtration rate)	Sand Effective size : 0.8 – 2.0 mm. Uniformity coefficient : 1.4 – 1.7 Depth : 0.3 m Anthracite coal Effective size : 0.9 – 1.4 mm. Uniformity coefficient : 1.4 – 1.7 Depth : 0.45 m S.G. $\geq$ 1.5 to 1.6 Garnet Effective size : 0.25 – 0.3 mm. Uniformity coefficient : 1.2 – 1.5 Depth : 0.0075 m S.G. $\geq$ 4.0 – 4.1

ตารางที่ 1 แสดงการแบ่งแยกประเภทของถังกรองตามอัตราการกรองและขนาดของทรายกรองน้ำ(ต่อ)

Filter Medium	Type of Filter	Medium Design Criteria
Granular activated carbon (GAC)	Removal of organic contaminants 7.5 – 15 m/hr (filtration rate) Contact time : 15 – 30 min	Effective size : 0.5 – 1.0 mm. Uniformity coefficient : 1.5 – 2.5 Depth : 1.8 – 3.6 m S.G. $\geq$ 1.35 – 1.37
Proprietary type media	Variety of types, including green sand and synthetic media	Depends on the purpose

ตารางที่ 2 แสดง Head Loss ตามประเภทของการกรองต่างๆ

Filtration Type	Pressure Drop (Bar)	Head Loss (m. of water)
Pressure Filtration	0.2 – 0.34	2.1 – 3.5
Gravity Filtration	0.18 – 0.24	1.8 – 2.5
Self - Backwash Filters (Gravity Filter)	0.12 – 0.15	1.2 – 1.5
Granular activated carbon	0.21 – 0.34	2.1 – 3.5

6. Design Criteria

6.1 Syed R Qasim, Edward M. Motley & Guang Zhu (2000)

Filtration

Hydraulic application rate

- Slow Sand Filter	=	10	$m^3/m^2.d$
- Rapid sand Filter	=	120 – 240	$m^3/m^2.d$
- High-rate Filter	=	240 – 600	$m^3/m^2.d$

Media Design

Single Media

- Depth	=	50 – 150	cm.
- Uniformity coefficient	=	1.2 – 1.7	
- Effective size	=	0.5 – 1.5	mm.

Dual Media

Sand Layer

- Depth	=	20 – 40	cm.
- Uniformity coefficient	=	1.2 – 1.7	
- Effective size	=	0.45 – 0.65	mm.

Anthracite Layer

- Depth	=	30 – 60	cm.
- Uniformity coefficient	=	1.3 – 1.8	
- Effective size	=	0.7 – 2 mm.	

6.2 Degremont. Water Treatment Handbook (1990)

Hydraulic application rate

- Rapid sand Filter	=	5 – 20	m/hr
- High-rate Filter	=	25 – 90	m/hr

6.3 Culp&Wesner. Handbook of Public Water System (1986)

Hydraulic application rate

- Slow Sand Filter = 0.12 – 0.32 m/hr
- Rapid sand Filter = 2.44 – 4.88 m/hr
- High-rate Filter = 7.32 – 36.6 m/hr

6.4 EPB. A Guide to Waterworks Design (2002)

Hydraulic application rate

- Slow Sand Filter = 0.04 – 0.42 m/hr
- Rapid sand Filter = 5 – 12.5 m/hr

เอกสารอ้างอิง :

1. Culp & Wesner. 1986. Hand Book of Public Water Systems. New York United States of America. 1113p.

2. Degremont. 1991. Water Treatment Handbook, France. 1459 p.

3. Environmental Protection Branch. 2002. A Guide to Waterworks Design, Regina SK. 47p.

4. Susumu Kawamura. 2000. Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities second edition, New York United States of America. 691p.

5. Syed R. Qasim,Edward M. Motley, and Guang Zhu. 2000. Water Works Engineering Planning,Design & Operation, United States of America. 844p.